

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

55

(11)Publication number : 2000-121934

(43)Date of publication of application : 28.04.2000

(51)Int.Cl.

G02B 13/24  
G03F 7/20  
H01L 21/027

(21)Application number : 10-295556

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 16.10.1998

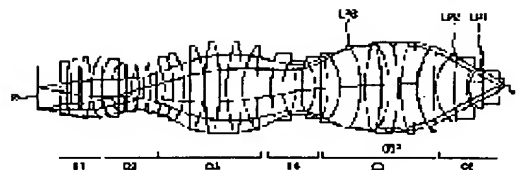
(72)Inventor : SUENAGA YUTAKA

(54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a projection optical system subjected to sufficient chromatic aberration correction while keeping designing performance by providing the system with 1st to 6th lens groups and making it satisfy a specified condition.

**SOLUTION:** This projection optical system is constituted of quartz glass or fluorite and includes the 1st to the 6th lens groups G1 to G6. The system has at least one or more aspherical surfaces in the 4th lens group G4, has a 1st positive lens LP1 consisting of fluorite in the 5th or the 6th lens group G5 or G6, and satisfies conditional expressions  $0.08 < f_1/L < 0.25$ ,  $0.03 < -f_2/L < 0.1$ ,  $0.05 < f_3/L < 0.03$ ,  $0.035 < -f_4/L < 0.11$ ,  $0.08 < f_{5p}/L < 0.3$  and  $0.1 < fp1/L < 0.4$ . In the conditional expressions, a distance from a 1st surface W to a 2nd surface R is defined as L, the focal distances of the 1st to the 4th lens groups G1 to G4 are defined as  $f_1$  to  $f_4$ , the focal distance of a partial group G5p including four positive lenses in the 5th lens group G5 is defined as  $f_{5p}$ , and the focal distance of the 1st positive lens LP1 in the 5th or the 6th lens group G5 or G6 is defined as  $fp1$ .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-121934

(P2000-121934A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000. 4. 28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームコード (参考)

G 0 2 B 13/24

G 0 2 B 13/24

2 H 0 8 7

G 0 3 F 7/20

5 2 1

G 0 3 F 7/20

5 2 1

5 F 0 4 6

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平10-295556

(22) 出願日

平成10年10月16日 (1998. 10. 16)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 末永 豊

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム (参考) 2H087 KA21 LA01 NA02 NA04 NA14

PA15 PA17 PB20 QA03 QA06

QA19 QA21 QA25 QA32 QA41

QA42 QA45 QA46 RA05 RA12

RA13 UA03 UA04

5F046 BA04 CA04 CB12 CB25

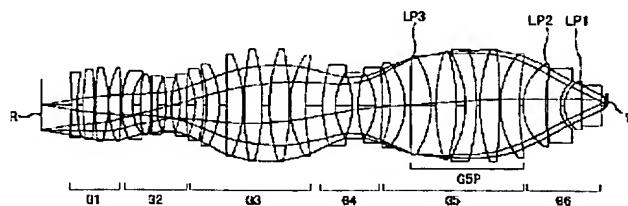
9A001 BZ05 KK54

(54) 【発明の名称】 投影光学系

(57) 【要約】

【課題】 狭帯化をあまり進めないレーザー光源を用いた場合でも、設計性能を維持した上で、十分な色収差補正が行われた投影光学系を提供する。

【解決手段】 第1面Rの像を第2面W上に投影する投影光学系において、投影光学系は、石英硝子または蛍石で構成されており、少なくとも2枚の正レンズを有する正屈折力の第1レンズ群G1と、少なくとも3枚の負レンズを有する負屈折力の第2レンズ群G2と、少なくとも3枚の正レンズを有する正屈折力の第3レンズ群G3と、少なくとも3枚の負レンズを有する負屈折力の第4レンズ群G4と、少なくとも4枚の正レンズを有する部分群と1枚の負レンズとを有する正屈折力の第5レンズ群G5と、少なくとも1枚の正レンズを有する第6レンズ群G6と、を含み、第4レンズ群G4中に少なくとも1面以上の非球面を有し、第5レンズ群G5または第6レンズ群G6中に、蛍石からなる第1の正レンズLP1を有し、所定の条件を満足する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1面の像を第2面上に投影する投影光学系において、

該投影光学系は、石英硝子または蛍石で構成されており、

少なくとも2枚の正レンズを有する正屈折力の第1レンズ群と、

少なくとも3枚の負レンズを有する負屈折力の第2レンズ群と、

少なくとも3枚の正レンズを有する正屈折力の第3レンズ群と、

少なくとも3枚の負レンズを有する負屈折力の第4レンズ群と、

少なくとも4枚の正レンズを有する部分群と1枚の負レンズとを有する正屈折力の第5レンズ群と、

少なくとも1枚の正レンズを有する第6レンズ群と、を含み、

前記第4レンズ群中に少なくとも1面以上の非球面を有し、

前記第5レンズ群または前記第6レンズ群中に、蛍石からなる第1の正レンズを有し、

前記第1面から前記第2面までの距離をLとし、前記第1レンズ群の焦点距離をf1とし、前記第2レンズ群の焦点距離をf2とし、前記第3レンズ群の焦点距離をf3とし、前記第4レンズ群の焦点距離をf4とし、前記第5レンズ群中の4枚の正レンズを含む部分群G5pの焦点距離をf5pとし、前記第5レンズ群または前記第6レンズ群中の蛍石からなる前記第1の正レンズの焦点距離をfp1としたとき、以下の条件を満たすことを特徴とする投影光学系。

$$0.08 < f1/L < 0.25$$

$$0.03 < -f2/L < 0.1$$

$$0.05 < f3/L < 0.3$$

$$0.035 < -f4/L < 0.11$$

$$0.08 < f5p/L < 0.3$$

$$0.1 < fp1/L < 0.4$$

【請求項2】前記第5レンズ群または前記第6レンズ群は、更に、蛍石からなる第2の正レンズを含み、該第2の正レンズの焦点距離をfp2とすると、以下の条件を満たすことを特徴とする請求項1記載の投影光学系。

$$0.1 < fp2/L < 0.6$$

【請求項3】前記第4レンズ群の前記非球面は、負のパワーを有し、

非球面係数をA、B、C、D、E及びF・・・とし、最大入射高をhとし、前記非球面の曲率半径をRとしたとき、以下の条件を満たすことを特徴とする請求項1または2記載の投影光学系。

$$(R/|R|) \times (Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + \dots) < 0$$

【請求項4】前記第3、第5又は第6レンズ群は、前記

蛍石からなる第1の正レンズ及び第2の正レンズの他に、更に、蛍石からなる第3の正レンズを含み、該第3の正レンズLP3の焦点距離をfp3とすると、以下の条件を満たすことを特徴とする請求項2または3記載の投影光学系。

$$0.1 < fp3/L < 0.6$$

【請求項5】前記第4レンズ群または第5レンズ群は、更に、少なくとも1面の非球面を含むことを特徴とする請求項1乃至4記載の投影光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、第1面のパターンを第2面上に投影するための投影光学系に関するもので、特に、第1面としてのレチクル（マスク）上に形成された半導体用のパターンを第2面としての基板（ウェハ）上に縮小投影露光するのに適した投影光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】集積回路のパターンの微細化が進むに従って、ウェハーの焼き付けに用いられる投影光学系に対して、高解像力化が求められている。この要求を満たしていくには、露光波長の短波長化、或いは投影光学系の高NA化を進めていく必要がある。

【0003】近年においては、転写パターンの微細化に対応するために、露光光源はg線(436nm)発光光源からi線(365nm)発光光源が主として用いられるようになってきており、さらには、より短波長の光源、例えばエキシマレーザ(248nm, 193nm)が用いられようとしている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、特にArfレーザについては、光学素子等を用いたレーザ光源の狭帯化が進んできたとはいえ、数μm程度の半値幅をもったレーザ光源を投影光学系の光源に用いる場合、屈折投影光学系をすべて石英硝子で構成すると、色収差は、無視できる量ではなくなってしまう。その結果、像のコントラストの低下を招き、像の劣化の原因となり、非常に狭い範囲へのレーザの狭帯化が必要となる。

【0005】一方、レーザの狭帯化は、狭帯化素子の時間的劣化等、多数の問題を含み容易ではなく、限界がある。そこで、他の硝種を構成レンズに加える事で、光学系を色消しとすることが一般的である。しかしながら、特開昭63-121810号公報に開示された実施例の様に狭帯化をあまり進めないレーザを使った場合、その光学系の構成枚数の過半数が蛍石になってしまう。蛍石は数10年前から硝材として、望遠鏡、顕微鏡対物レンズ等に使われてきたが、加工性の悪さ、温度変動に依る面変化が大きく光学系の性能劣化の一因となることが知られている。それ故、特開昭63-121810号公報に開示された実施例の様な、多数の蛍石を用いた光学系は、設計性能を維持することが困難であるといえる。

【0006】従って、本発明は、上記問題点に鑑み、狭帯化をあまり進めないレーザー光源を用いた場合でも、設計性能を維持した上で、十分な色収差補正が行われた投影光学系を提供することを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するめに、第1面Rの像を第2面W上に投影する投影光学系において、投影光学系は、石英硝子または蛍石で構成されており、少なくとも2枚の正レンズを有する正屈折力の第1レンズ群G1と、少なくとも3枚の負レンズを有する負屈折力の第2レンズ群G2と、少なくとも3枚の正レンズを有する正屈折力の第3レンズ群G3と、少なくとも3枚の負レンズを有する負屈折力の第4レンズ群G4と、少なくとも4枚の正レンズを有する部分群と1枚の負レンズとを有する正屈折力の第5レンズ群G5と、少なくとも1枚の正レンズを有する第6レンズ群G6と、を含み、第4レンズ群G4中に少なくとも1面以上の非球面を有し、第5レンズ群G5または第6レンズ群G6中に、蛍石からなる第1の正レンズLP1を有し、以下に示す(1)から(6)までの条件を満足する投影光学系を提供する。

#### 【0008】

$$0.08 < f_1/L < 0.25 \quad (1)$$

$$0.03 < -f_2/L < 0.1 \quad (2)$$

$$0.05 < f_3/L < 0.3 \quad (3)$$

$$0.035 < -f_4/L < 0.11 \quad (4)$$

$$0.08 < f_{5p}/L < 0.3 \quad (5)$$

$$0.1 < f_{p1}/L < 0.4 \quad (6)$$

但し、上記各条件中の記号は、第1面Wから第2面Rまでの距離をLとし、第1レンズ群G1の焦点距離を $f_1$ とし、第2レンズ群G2の焦点距離を $f_2$ とし、第3レンズ群G3の焦点距離を $f_3$ とし、第4レンズ群G4の焦点距離を $f_4$ とし、第5レンズ群G5中の4枚の正レンズを含む部分群G5pの焦点距離を $f_{5p}$ とし、第5レンズ群G5または第6レンズ群G6中の蛍石からなる第1の正レンズLP1の焦点距離を $f_{p1}$ としている。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】上述のように、本発明の投影光学系は、少なくとも、第1面から順に、正の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、負の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、正の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、負の屈折力を持つ第4レンズ群G4と、正の屈折力を持つ第5レンズ群G5と、第6レンズ群G6と、を含む構成を採用している。

【0010】正の屈折力を持つ第1レンズ群G1は、第1面Rから射出するテレセントリックな光束を第2レンズ群G2以降のレンズ群にリレーすると共に、正の歪曲収差を予め発生させ、これより第2面W側の主に第2レンズ群G2、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5で発生する負の歪曲収差を補正している。また、正の屈折

力を持つ第3レンズ群G3も、正の歪曲収差を発生させ、第2レンズ群G2、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5で発生する負の歪曲収差を補正する役割を担うと共に、第2レンズ群G2と共に望遠系を形成して、系の長大化を防いでいる。

【0011】負の屈折力を持つ第2レンズ群G2及び第4レンズ群G4は、主にベッツバル和の補正に寄与して、平坦な像を実現する。正の屈折力を持つ第5レンズ群G5は、第2面W上に球面収差の発生を極力避けて結像させる役割をもつ。第6レンズ群G6は、第2面W上にテレセントリックに像を投影する役割をもつ。

【0012】ここで、本発明では、第4レンズ群G4中に少なくとも1面以上の非球面を配置し、第5レンズ群G5または第6レンズ群G6中に蛍石からなる第1の正レンズLP1を配置する。第4レンズ群G4中に非球面を配置することで、光学系全体を小型化している。この様にすると、軸上色収差も比例して小さくすることができる。そこへ更に、色収差低減に最も効果を有する部分の第5レンズ群G5または第6レンズ群G6中に、蛍石からなる第1の正レンズLP1を配置することで、少ない蛍石レンズの枚数でも、色収差を低減することができる。使用する蛍石レンズ枚数が少なくなるので、本発明では、設計性能を従来の投影光学系同様に維持することができるようになる。

【0013】更に、本発明では、上記(1)から(6)までの条件を満たすようになっており、以下に各条件の説明を行う。条件(1)は、全系に対する第1レンズ群G1の適正な正の屈折力を規定するものである。条件(1)の上限を越えると、第2レンズ群G2、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5で発生する負の歪曲収差を補正できなくなり、下限を越えると、高次の正の歪曲収差を発生する原因となる。

【0014】条件(2)は、全系に対する第2レンズ群G2の適正な負の屈折力を規定するものである。条件(2)の上限を越えると、ベッツバル和の補正が不十分となり像の平坦性の悪化を招く。また下限を越えると、正の歪曲収差の発生が大きくなり、第1レンズ群G1及び第3レンズ群G3だけでは良好な補正が困難となる。

【0015】条件(3)は、全系に対する第3レンズ群G3の適正な正の屈折力を規定するものである。条件(3)の上限を越えると、第2レンズ群G2とで形成する望遠系のテレ比が大きくなり系の長大化を招くうえ、正の歪曲収差の発生量が小さくなり、第2レンズ群G2、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5で発生する負の歪曲収差を良好には補正できない。また、条件(3)の下限を越えると、高次の球面収差が発生し、良好な結像性能を得る事ができなくなる。

【0016】条件(4)は、全系に対する第4レンズ群G4の適正な負の屈折力を規定するものである。条件

(4)の上限を越えると、ベッツバール和の補正が不十分となり像の平坦性の悪化を招き、下限を越えると、高次の球面収差の発生の原因となり像のコントラストの悪化を招く。条件(5)は、全系に対する第5レンズ群G5の適正な正の屈折力を規定するものである。条件

(5)の上限を越えると、第5レンズ群G5の正の屈折力が弱くなり過ぎ、結果的に系の長大化を招く。また、条件(5)の下限を越えると、負の歪曲収差及び負の球面収差の発生が大きくなり、像の悪化を招く。

【0017】条件(6)は、全系に対する第5レンズ群

$$0.1 < f_{p2}/L < 0.6 \quad (7)$$

$$(R/|R|) \times (Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + \dots) < 0 \quad (8)$$

$$0.1 < f_{p3}/L < 0.6 \quad (9)$$

但し、 $f_{p2}$ は、第5レンズ群G5または第6レンズ群G6に配置された蛍石からなる第2の正レンズLP2の焦点距離であり、 $f_{p3}$ は、第5レンズ群G5の蛍石からなる第1の正レンズLP1及び第2の正レンズLP2の他に配置された蛍石からなる第3の正レンズLP3の焦点距離であり、A、B、C、D、E及びF・・・は、非球面係数であり、hは、光軸からの距離であり、Rは、非球面の曲率半径である。

【0019】条件(7)は、条件(6)同様に、全系に対する第5レンズ群G5または第6レンズ群G6中の、蛍石からなる第2の正レンズLP2の屈折力を規定するものである。条件(7)の上限を越えると第2の正レンズLP2の屈折力が小さく、色消しが不十分となり、蛍石の枚数の増加を招く。また、条件(7)の下限を越えると第2の正レンズLP2で発生する高次球面収差が増加して補正困難になり、像のコントラストを悪化させる原因となる

条件(8)は、第4レンズ群G4中の非球面の面形状を規定するものである。通常、像面の平坦性を要求されるレンズでは、ベッツバール和を0に近づける為に比較的強い曲率をもった凹面が必要である。しかしながら、強い曲率の凹面はベッツバール和を補正するのみならず、正の球面収差を発生し、結果的に軸外像を形成する光束のサジタルコマを発生させてしまう。そこで、強い屈折力をもった凹面を非球面化すれば、サジタルコマが低減でき、より広い有効露光領域をもつことが可能となる。言い換えれば、同じ有効露光領域をもった投影光学系なら、凹面を非球面化することで光学系全体を小さくすることが可能である。即ち、レンズ全体が比例縮小された

G5または第6レンズ群G6中の、蛍石からなる第1の正レンズLP1の屈折力を規定するものである。条件

(6)の上限を越えると、第1の正レンズLP1の屈折力が小さく色消しが不十分となり、蛍石の枚数の増加を招く。また、条件(6)の下限を越えると、第1の正レンズLP1で発生する高次球面収差が増加して補正困難になり像のコントラストを悪化させる原因となる。

【0018】より良い性能を得るためには、本発明では、更に、以下に示す条件(7)、(8)及び(9)を満足することが好ましい。

様な形になるので、当然、色収差も比例縮小されるので、球面のみのレンズに比べてより少ない蛍石で色消しが可能となる。

【0020】条件(8)は、球面の場合に比べてサジタルコマの発生がすくない条件を示しており、この条件を満たさない非球面を使用しても、球面のみのレンズに比べて、蛍石の枚数を削減できない。条件(9)は、全系に対する第5レンズ群G5または第6レンズ群G6中の、蛍石からなる第3の正レンズLP3の屈折力を規定するものである。条件(9)の上限を越えると、第3の正レンズLP3の屈折力が小さく色消しが不十分となり、蛍石の枚数の増加を招く。また、条件(9)の下限を越えると、第3の正レンズLP3で発生する高次球面収差が増加して補正困難になり、像のコントラストを悪化させる原因となる。

【0021】

【実施例】以下に本発明による実施例を示す。各実施例では、硝材として、石英 $SiO_2$ 及び蛍石 $CaF_2$ を使用している。屈折率及びアッペ数は、以下に示す表の通りである。但し、アッペ数は、 $193\text{nm} \pm 0.39\text{p m}$ での値である。

	屈折率	アッペ数
' $SiO_2$ '	1.5603	459284
' $CaF_2$ '	1.5015	663300

また、非球面Z(r)は、以下の式で表される。

【0022】

【数1】

$$Z(r) = \frac{c r^2}{1 + \sqrt{[1 - (1 + \kappa) c^2 r^2]}} + A r^4 + B r^6 + C r^8 + D r^{10} \\ + E r^{12} + F r^{14} + \dots$$

ここで、 $c$  : 頂点曲率

$\kappa$  : 円錐定数

$r$  : 光軸からの高さ

$A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$ 、 $G$  : 非球面係数

〔第1実施例〕以下に第1実施例を示す。本実施例の縮小投影光学系の諸元を以下に示し、その光学系の断面図を図1に示し、その収差図を図2に示す。本実施例の縮小投影光学系の像面側NAは0.7で、使用波長は193.3nm±0.39pmで、物体から第1面までの間隔は56.35で、最終面から像面までの間隔は8.7

8であり、使用倍率は-1/4倍で、露光領域は半径13.2mmの円である。図2中、Yは像高を表し、実線は193.3nm、点線は193.3nm+0.39pm、一点鎖線は193.3nm-0.39pmを表している。

(諸元)

面番号	曲率半径	面間隔	硝材
1:	-1200.07448	11.053636	'sio2'
2:	322.39773	11.066050	
3:	574.81137	21.186136	'sio2'
4:	-744.89177	2.253984	
5:	665.26400	24.026819	'sio2'
6:	-286.50927	0.921136	
7:	195.38305	23.000000	'sio2'
8:	-1963.77531	1.088458	
9:	187.73308	20.265000	'sio2'
10:	106.07294	16.434311	
11:	435.53316	19.970497	'sio2'
12:	-322.39773	1.000000	
13:	-941.66525	10.000000	'sio2'
14:	143.28512	17.344023	
15:	-289.63765	10.000827	'sio2'
16:	220.07139	17.776125	
17:	-173.45213	11.394312	'sio2'
18:	666.42764	18.159570	
19:	-151.28805	15.373383	'sio2'
20:	-342.35597	6.278512	
21:	-285.59145	25.005390	'sio2'
22:	-176.85219	13.986462	
23:	-7599.99712	31.918538	'sio2'
24:	-257.98441	1.740627	
25:	693.69572	34.000000	'sio2'
26:	-475.78815	15.988313	
27:	429.42996	36.005851	'sio2'
28:	-647.38135	1.104159	

29:	200.99277	30.016700	'sio2'
30:	545.77159	32.819604	
31:	288.90796	26.347712	'sio2'
32:	126.79938	32.483519	
33:	-184.01318	10.000000	'sio2'
34:	226.12475	33.455194	
35:	-114.26263	13.078083	'sio2'
36:	-1440.84981	16.031950	
37:	-207.21925	26.721442	'sio2'
38:	-150.12544	11.084133	
39:	2802.87322	38.412469	'caf2'
40:	-209.74937	9.550908	
41:	404.34647	39.000000	'sio2'
42:	-403.09198	15.920187	
43:	-237.86569	21.186136	'sio2'
44:	-448.53657	6.955987	
45:	353.59740	36.460171	'sio2'
46:	-1360.33908	1.470075	
47:	189.92895	36.198876	'sio2'
48:	563.59378	7.237956	
49:	114.76387	41.928160	'caf2'
50:	570.81996	2.667815	
51:	736.90909	24.152909	'sio2'
52:	65.61816	8.722913	
53:	66.60726	29.879944	'caf2'
54:	649.91233	1.530956	
55:	736.90909	36.780502	'sio2'
56:	759.82984		

(非球面データ)

25面

 $\kappa : 1.126073$ 

A : 0.161705E-07 B : -.576396E-11 C : -.714491E-16

D : 0.169981E-19 E : -.312818E-23 F : 0.226946E-27

22面

 $\kappa : 195.525086$ 

A : 0.127508E-07 B : -.232370E-11 C : 0.965823E-16

D : -.680130E-20 E : 0.186829E-24 F : -.330254E-28

(条件対応値)

 $f1/L = 0.1626$  $-f2/L = 0.0684$  $f3/L = 0.1192$  $-f4/L = 0.0654$  $f5p/L = 0.1353$  $f p1/L = 0.1355$  $f p2/L = 0.2589$ 

$$(R/|R|) \times (A h^4 + B h^6 + C h^8 + D h^{10} + E h^{12} + F h^{14} + \dots) = -0.366$$

 $f p3/L = 0.3640$ 

〔第2実施例〕以下に第2実施例を示す。

【0.023】本実施例の縮小投影光学系の諸元を以下に

示し、その光学系の断面図を図3に示し、その収差図を図4に示す。本実施例の縮小投影光学系の像面側NAは

0.7で、使用波長は $193.3\text{ nm} \pm 0.39\text{ pm}$   
 で、物体から第1面までの間隔は $51.40$ で、最終面  
 から像面までの間隔は $9.64$ で、使用倍率は $-1/4$   
 倍で、露光領域は半径 $13.2\text{ mm}$ の円である。図4

中、Yは像高を表し、実線は $193.3\text{ nm}$ 、点線は $193.3\text{ nm} + 0.39\text{ pm}$ 、一点鎖線は $193.3\text{ nm} - 0.39\text{ pm}$ を表している。

(諸元)

面番号	曲率半径	面間隔	硝材
1:	-916.44941	11.053636	'sio2'
2:	322.39773	12.010058	
3:	653.10169	21.186136	'sio2'
4:	-753.07169	2.648900	
5:	756.97039	23.634204	'sio2'
6:	-264.94044	0.921136	
7:	187.16939	23.000000	'sio2'
8:	-5170.13222	1.000000	
9:	178.42770	20.265000	'sio2'
10:	107.35579	16.933647	
11:	480.60898	19.242693	'sio2'
12:	-322.39773	1.253752	
13:	-1417.12499	9.565770	'sio2'
14:	137.73714	18.356282	
15:	-282.23956	9.500000	'sio2'
16:	233.23421	18.839041	
17:	-157.64492	12.622901	'sio2'
18:	877.05026	18.979164	
19:	-146.41792	15.858946	'sio2'
20:	-385.20826	6.660773	
21:	-324.68206	25.440763	'sio2'
22:	-175.34922	14.643271	
23:	-5304.36667	34.068128	'sio2'
24:	-252.72632	3.667647	
25:	752.44792	36.000000	'sio2'
26:	-429.11892	10.933110	
27:	380.92826	37.000000	'sio2'
28:	-853.77874	3.334340	
29:	197.17003	30.772884	'caf2'
30:	521.55426	33.505475	
31:	282.82765	27.006760	'sio2'
32:	125.64514	34.618111	
33:	-181.56287	12.351869	'sio2'
34:	230.01943	33.487264	
35:	-113.53304	12.826034	'sio2'
36:	-1446.98403	15.894134	
37:	-203.39532	26.442542	'sio2'
38:	-148.42375	10.754956	
39:	2320.14958	37.582592	'caf2'
40:	-213.54190	7.755261	
41:	390.79977	39.000000	'sio2'
42:	-397.74168	19.663115	
43:	-232.28386	21.186136	'sio2'
44:	-447.15243	2.000000	



45: 376.58115 37.313224 'sio2'  
 46: -1181.31893 2.813491  
 47: 192.14569 37.079200 'sio2'  
 48: 581.09054 8.248969  
 49: 114.46406 41.142733 'caf2'  
 50: 509.88873 3.893430  
 51: 736.90909 22.393379 'sio2'  
 52: 66.70059 8.543978  
 53: 68.24661 66.427056 'sio2'  
 54: 653.06474

(非球面データ)

19面

$\kappa$  : 0.016241

A : 0.459545E-09 B : -.200647E-13 C : -.128671E-16

D : 0.101262E-20 E : -.606155E-24 F : 0.000000E+00

20面

$\kappa$  : 191.327755

A : 0.130741E-07 B : -.256328E-11 C : 0.999220E-16

D : -.979957E-20 E : -.304584E-25 F : 0.272071E-29

23面

$\kappa$  : 1.104552

A : 0.160014E-07 B : -.611742E-11 C : -.703892E-16

D : 0.574303E-20 E : -.847194E-24 F : 0.102100E-27

(条件対応値)

$f_1/L = 0.1658$

$-f_2/L = 0.0689$

$f_3/L = 0.1198$

$-f_4/L = 0.0643$

$f_{5p}/L = 0.1343$

$f_{p1}/L = 0.2628$

$f_{p2}/L = 0.3621$

$(R/|R|) \times (Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + \dots) = -0.3553$

$f_{p3}/L = 0.5661$

〔第3実施例〕以下に第3実施例を示す。

【0024】本実施例の縮小投影光学系の諸元を以下に示し、その光学系の断面図を図5に示し、その収差図を図6に示す。本実施例の縮小投影光学系の像面側NAは0.8で、使用波長は193.3nm±0.26pmで、物体から第1面までの間隔は55.01で、最終面

から像面までの間隔は7.35で、使用倍率は-1/4倍で、露光領域は半径13.2mmの円である。図6中、Yは像高を表し、実線は193.3nm、点線は193.3nm+0.26pm、一点鎖線は193.3nm-0.26pmを表している。

(諸元)

面番号	曲率半径	面間隔	硝材
1:	-766.78300	11.326015	'sio2'
2:	431.65014	18.449246	
3:	889.61779	19.294436	'sio2'
4:	-468.68859	1.196796	
5:	575.66006	27.400000	'sio2'
6:	-225.19165	1.000000	
7:	157.97906	22.800000	'sio2'
8:	724.97442	1.000000	

9:	219.25382	19.371708	'sio2'
10:	118.93345	14.704600	
11:	450.84093	10.892265	'sio2'
12:	143.80417	20.056603	
13:	-297.52512	10.714003	'sio2'
14:	186.73085	24.230317	
15:	-155.75621	10.882700	'sio2'
16:	-4591.08123	18.657666	
17:	-147.94579	19.810311	'sio2'
18:	-389.05840	6.237461	
19:	-571.35192	31.562994	'sio2'
20:	-194.49751	1.000000	
21:	-2428.26188	36.900000	'sio2'
22:	-237.38218	1.000000	
23:	6593.61728	36.000000	'sio2'
24:	-319.04406	1.000000	
25:	283.93001	36.000000	'sio2'
26:	6709.06089	1.000000	
27:	166.44466	35.700000	'sio2'
28:	380.49567	26.763163	
29:	395.09904	21.105868	'sio2'
30:	122.03880	37.507382	
31:	-326.22056	10.271360	'sio2'
32:	166.52174	44.419428	
33:	-112.81953	11.038575	'sio2'
34:	-1067.00755	16.542444	
35:	-204.76717	28.458513	'sio2'
36:	-147.32548	11.000000	
37:	862.11676	35.946489	'sio2'
38:	-330.20111	1.000000	
39:	415.32238	48.000000	'caf2'
40:	-361.03239	13.592989	
41:	-238.00000	25.000000	'sio2'
42:	-328.48749	20.446597	
43:	815.59269	29.500000	'sio2'
44:	-1055.69955	1.000000	
45:	256.53354	33.200000	'sio2'
46:	937.13190	1.000000	
47:	150.24996	36.029142	'sio2'
48:	334.59372	1.000000	
49:	139.45195	34.729089	'caf2'
50:	444.46023	4.652695	
51:	884.06205	23.382278	'sio2'
52:	97.38164	4.490676	
53:	95.62395	57.996618	'caf2'
54:	747.69692		

(非球面データ)

19面

 $\kappa$  : 1.939531

A : 0.814117E-09 B : 0.256018E-12 C : -.697178E-17

D : 0.260014E-23 E : 0.315119E-26 F : 0.000000E+00  
25面

$\kappa$  : 6.324681

A : 0.250651E-07 B : -.482429E-11 C : -.700819E-16

D : 0.118299E-19 E : -.663087E-24 F : 0.000000E+00

(条件対応値)

$f_1/L=0.1430$

$-f_2/L=0.0616$

$f_3/L=0.1094$

$-f_4/L=0.0600$

$f_{5p}/L=0.2023$

$f_{p1}/L=0.1969$

$f_{p2}/L=0.3620$

$(R/|R|) \times (Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + \dots) = -0.933$

$f_{p3}/L=0.3646$

以上に示した各実施例の投影光学系では、ある程度の波長領域で色収差を補正することができる。

【0025】

【発明の効果】以上で示したように、本発明によって、狭帯化をあまり進めないレーザー光源を用いた場合でも、設計性能を維持した上で、十分な色収差補正が行われた投影光学系を提供することが可能になった。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明による第1実施例の投影光学系の断面図である。

【図2】図2は、第1実施例の投影光学系の収差図である。

【図3】図3は、本発明による第2実施例の投影光学系の断面図である。

【図4】図4は、第2実施例の投影光学系の収差図である。

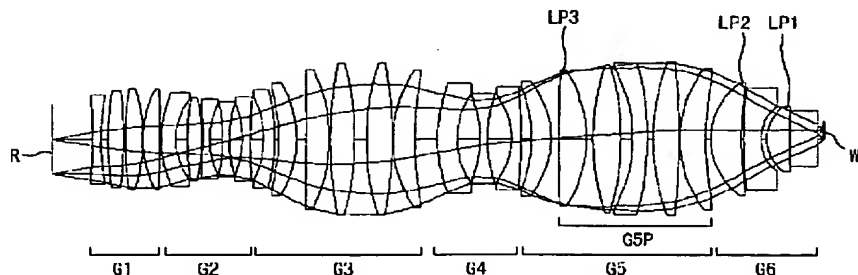
【図5】図5は、本発明による第3実施例の投影光学系の断面図である。

【図6】図6は、第3実施例の投影光学系の収差図である。

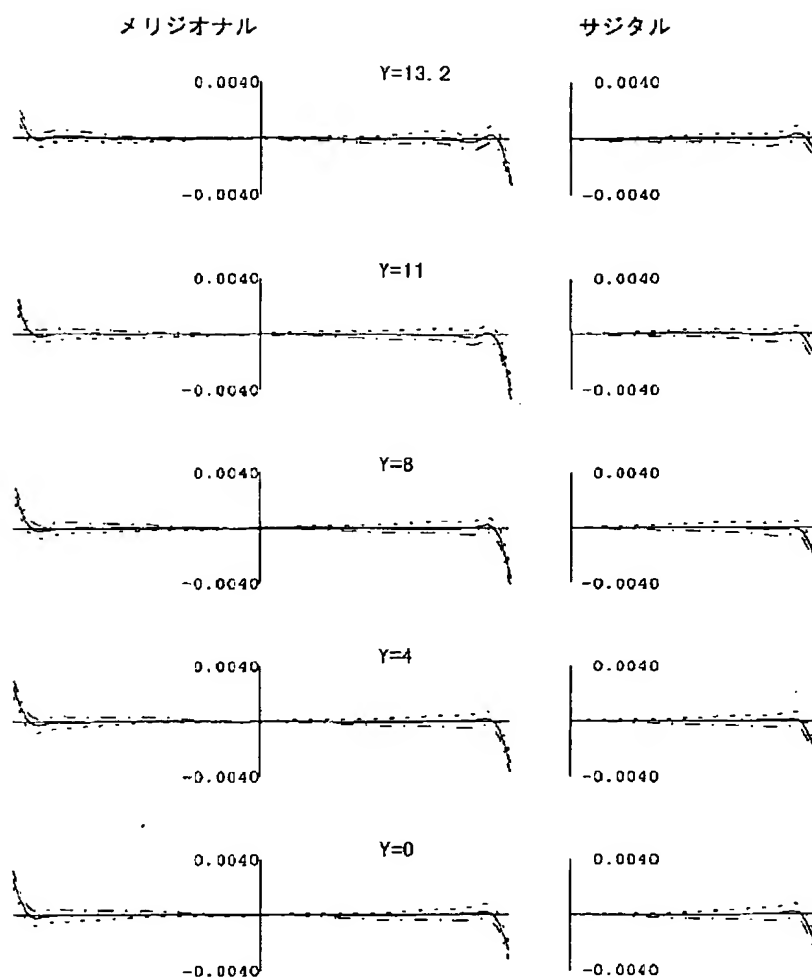
【符号の説明】

G1	第1レンズ群
G2	第2レンズ群
G3	第3レンズ群
G4	第4レンズ群
G5	第5レンズ群
G6	第6レンズ群
G5p	第5レンズ群中の部分群
LP1	第1の正レンズ
LP2	第2の正レンズ
LP3	第3の正レンズ

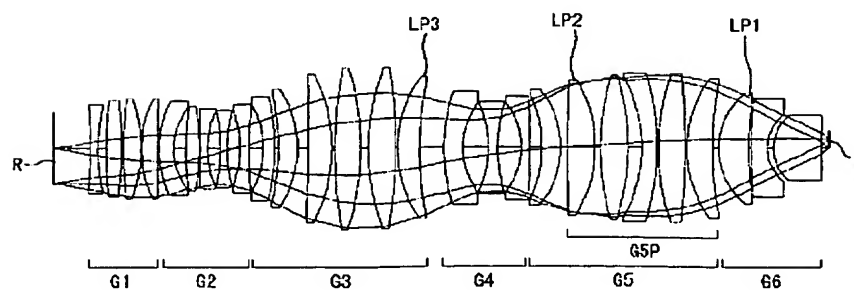
【図1】



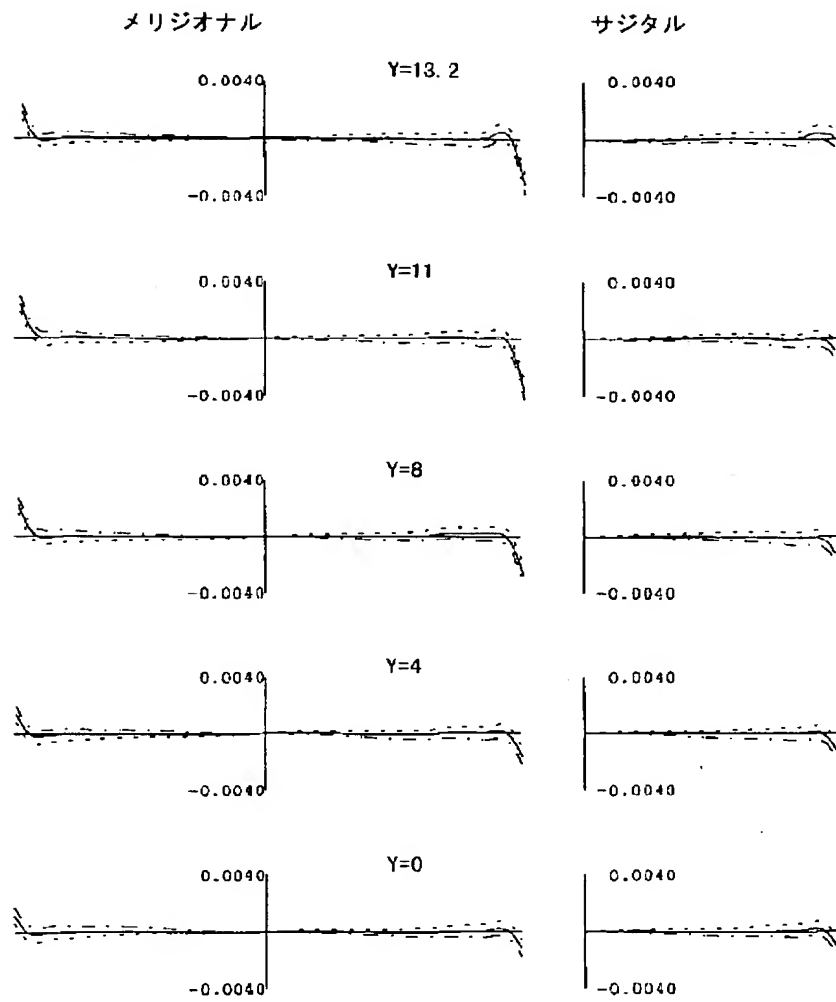
【図2】



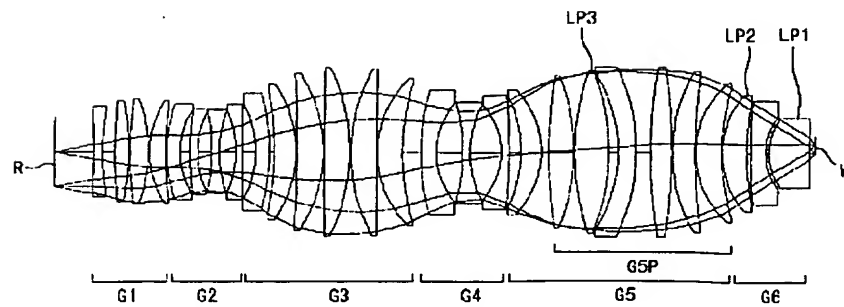
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

